



MEJORAMIENTO DE ADOBES CON FIBRAS NATURALES Y ARTIFICIALES EN LA COMUNA DE ZULETA, ECUADOR

Salomé Montenegro¹, Irina Godoy²

Universidad Central del Ecuador, Ecuador. ¹msmontenegro@uce.edu.ec; ²imgodoy@uce.edu.ec

Palabras clave: resistencia a la compresión, construcciones tradicionales, técnicas constructivas, cabuya, fibratex

Resumen

Al estudiar y profundizar las técnicas constructivas con tierra en el Ecuador, tomando en cuenta la riqueza cultural que esta posee y los beneficios que conlleva tener una vivienda tradicional en tierra, se ha buscado mejorar las propiedades físico mecánicas con una de estas técnicas ancestrales como es el adobe, en una zona rural cuyas construcciones tradicionales empiezan a desaparecer por la falta de confianza, conocimiento e investigación en sus construcciones de tierra. El objetivo es investigar si la adición de fibras naturales y artificiales pueden mejorar las características físico-mecánicas del adobe para ser utilizados en la rehabilitación de las construcciones tradicionales en la Comuna Zuleta. Por lo tanto, se analiza el comportamiento de adobes con tierra del Páramo de Zuleta estabilizados al 20%, 30% y 50% de fibra de paja de páramo, cabuya y fibratex (fibra artificial de polipropileno), respectivamente. De acuerdo con los resultados obtenidos el valor más alto en la resistencia a la compresión fue la fibra artificial al 20% con un valor de 3,31 MPa, seguido de fibra artificial al 50% con un valor de 3,08 MPa. Mientras que el resultado más bajo obtenido corresponde a la fibra de cabuya al 30% con un valor de 1,58 MPa. Se comprueba que todas las muestras cumplen con la norma peruana E 0.80 ya que estos resultados deben superar 1 MPa para ser óptimos en construcciones tradicionales.

1. INTRODUCCIÓN

La manifestación cultural del Ecuador, considerada como uno de los ejes en el desarrollo social, requiere de la constatación, reconocimiento, estudio y protección del patrimonio en sus diversas expresiones, en este caso el patrimonio de las construcciones tradicionales con tierra cruda.

La comuna de Zuleta es una población localizada en la provincia de Imbabura, perteneciente al cantón Ibarra. Esta población es uno de los sectores geográficos privilegiados de la región andina ecuatoriana, contando con alrededor de 4770 hectáreas (Pupiales, 2017, p. 13).

Los procesos constructivos de viviendas modernas en la comuna originan actividades con impactos negativos hacia el medio ambiente, tanto por los materiales que se emplean como por los procesos utilizados. A diferencia del adobe y la tapia que son materiales vernáculos, empleados para la construcción de muros en viviendas, y cuyo proceso de fabricación es amigable con el ambiente.

Sin embargo, su uso ha ido decreciendo debido a varios factores, entre ellos la falta de reglamentos de construcción en tierra que no han conferido un valor estructural, la falta de mantenimiento de este material y el poco valor constructivo que se le ha dado, agregando a esto factores externos como: la humedad, el clima y las lluvias.

Por tal razón la presente investigación estudia y experimenta diferentes fibras en la elaboración de adobes tradicionales, para motivar de esta forma a la rehabilitación y retornar a todos estos procesos constructivos nativos en la construcción.

2. OBJETIVO

Investigar si la adición de fibras naturales y artificiales pueden mejorar las características físico-mecánicas del adobe para ser utilizados en la rehabilitación de las construcciones tradicionales en la Comuna de Zuleta provincia de Imbabura.

3. METODOLOGÍA

La metodología de la presente investigación es cualitativa experimental. A partir de objetivos planteados, la gran mayoría de la información recolectada y derivada, proviene de fuentes de conocimiento inmediatas y saberes ancestrales en relación al sistema constructivo estudiado (adobe), a través de un trabajo de campo en la Comuna de Zuleta el cual consta de cuatro partes: análisis de suelo (ensayo granulométrico), selección de fibras (paja de páramo¹, cabuya² y polipropileno), elaboración de adobes y ensayos de compresión.

3.1. Extracción y análisis de suelo

Se procede a extraer la tierra del páramo de Zuleta, que se encuentra ubicado a una altitud de 2875 m, se la traslada hacia la ciudad de Quito, se la desaloja en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central del Ecuador para su respectivo análisis y elaboración de adobes.

Se recoge la cantidad de 2 kg de tierra para realizar todas las pruebas: análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y contenido de humedad de la muestra de suelo extraída para ser clasificada según en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

El análisis granulométrico, basado en la norma ASTM D-422-63 (2007) y que se agrupa por rango de tamaño las partículas que existen en la tierra, se realiza después de obtener la muestra de tierra que pasa en los tamices n°2 o n°4 (mallas de 50 mm y 4,75 mm respectivamente) que eliminan las piedras de mayor tamaño. Para el ensayo granulométrico se separa las partículas en los tamices de número 10, 40 y 200 (mallas de 2 mm, 0,425 mm y 0,075 mm, respectivamente) lo que determina la composición granulométrica de arena e finos (limo y arcilla).

Según la ASTM D-4318 (2017) se determina los límites de consistencia. Para el límite líquido, donde el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse, se utiliza para este ensayo la cuchara de Casagrande, permitiéndose observar a través de los golpes a manivela la forma final de la muestra. En tabla 1 se exponen los resultados de la muestra ensayada.

Tabla 1. Clasificación del suelo (ASTM D-422-63, 2007; ASTM D-4318,2017)

Caracterización	Composición granulométrica (%)			Límites de consistencia (%)		
	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP
Amuestra	0	29	71	31	22	9
Clasificación SUCS	ML (limo de baja plasticidad)					

Con los resultados obtenidos (tabla 1) se da como resultado que el tipo de tierra es ML (limo de baja plasticidad) lo que se considera adecuado para la realización de adobes. Según, Díaz (1987) y Perico-Granados (2012), se considera conveniente utilizar suelos con bajo índice de plasticidad debido a que, cuando más alto sea el índice, mayor será la cantidad de

¹ La paja de páramo es un pasto del altiplano andino sudamericano, empleado como forraje para el ganado.

² Planta típica de las yungas y vertientes occidentales andinas de múltiples usos: de su fibra se hacen hilos, de sus hojas papel, de sus espinas agujas, y sus hojas jabonosas sirven como detergente; el zumo fermentado da una agradable bebida.

agua contenida en la muestra para convertirlo en moldeable, y una vez seco, tendrá mayores retracciones y evaporará mayor volumen de agua.

3.2. Selección de fibras

Un factor de gran riqueza ecológica de Ecuador está vinculado a su tradición en el uso de fibras y otros residuos de carácter orgánico. Estos materiales compuestos se emplean como elemento de relleno, refuerzo o aislamiento térmico en el campo de la construcción de viviendas, lo que conlleva un gran potencial en el marco de la arquitectura más sustentable. En Ecuador, la variabilidad climática y el bajo poder adquisitivo de muchos de sus habitantes obliga a utilizar materiales de construcción de presencia local y bajo o nulo costo, con el fin de lograr una vivienda económica y confortable.

Es por ello que se analiza la presencia de recursos o desechos naturales de biomasa a nivel regional confrontando la tradición constructiva, para posteriormente superponerlos geográficamente con las principales variables climáticas que afectan a la eficiencia energética. De esta forma es posible determinar qué, dónde y cómo utilizar los distintos recursos la biomasa para permitir una respuesta edificatoria que cuente con una sólida argumentación social, económica, medioambiental y energética con el objetivo de facilitar las condiciones adecuadas para el acceso a un hábitat económico, seguro, eficiente y digno (Velasco et al., 2015, p. 1).

El uso de fibras naturales y artificiales en las construcciones tradicionales es continuo desde la antigüedad. En la fabricación de adobes artesanales, estas fibras ayudan a la adherencia del barro evitando el agrietamiento de los bloques en el secado y brindando mayor elasticidad y resistencia, dependiendo del tipo de tierra y el porcentaje de fibra utilizada.

Para la selección de fibras vegetales, se toma en cuenta las fibras nativas del sector, es decir, en la Comuna de Zuleta. Se buscaron las fibras usadas tradicionalmente en las construcciones en tierra: la paja de páramo (*Stipaichu*) y la cabuya (*Agave sisalana*), originarias de la sierra ecuatoriana.

La cabuya crece en terrenos pedregosos, arenosos y de baja productividad agrícola, existiendo zonas donde la explotación es intensiva. En la actualidad la planta de cabuya es de gran importancia en las sociedades rurales y campesinas pues constituye una fuente de ingresos para gente con bajos recursos económicos. Los principales problemas que afrontan los productores son: bajo precio, abuso de comerciantes e intermediarios, mercado restringido, escasa información de consumidores y exportadores. (Zambrano, 2016, p. 15). Es una fibra biodegradable que al descomponerse se emplea como alimento y abono. Además, no contamina el agua y permite hacer producción limpia. Sus ventajas son tanto ambientales como económicas.

La fibra artificial, fibratex, fue seleccionada e incluida en el experimento por su comportamiento junto con el hormigón, tomando en cuenta su resistencia, desempeño y durabilidad. En la tabla 2 se encuentran informaciones de las fibras estudiadas.

Tabla 2. Características de las fibras utilizadas

Tipo de fibra	Nombre		Hábitat	Parte aprovechable	Uso tradicional
	Común	Científico			
Mimbres	Paja de páramo	<i>Stipaichu</i>	Páramo Zuleta	Hojas alargadas	Construcciones con tierra
Textil	Cabuya	<i>Agave sisalana</i>	Terrenos arenosos y de baja productividad agrícola	Hojas lineales acirculares	Soga
Industrial	Fibratex		100% de polipropileno, totalmente aprovechable		Construcciones de hormigón

La paja de páramo se encuentra entre los 2500 a 4500 metros de altitud. En el Ecuador se ubica en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar, Chimborazo, Azuay, Loja, Napo y Sucumbíos. Son plantas herbáceas de hasta 1 metro de alto y 80 cm de diámetro. Las hojas lineales, aciculares, de hasta 60 cm de largo, los bordes de las hojas presentan una textura carrasposa o cortante al tacto.

La fibra artificial fibratex es fabricada 100% de polipropileno virgen y cumplen con las especificaciones de ASTM C1116-89 (2002) Sección 4.1.3, para hormigón reforzado y hormigón vaciado a presión. Posee una densidad de 0,91 g/cm³. Es empleada para solucionar los problemas de fisuración, permeabilidad y envejecimiento rápido causado por la acción del tiempo y los cambios bruscos de la temperatura de las estructuras de concreto (figura 1).



Figura 1. Fibra artificial fibratex de polipropileno

3.3 Elaboración de adobes

La tierra de la Comuna de Zuleta se traslada en costales a la Universidad Central, en la ciudad de Quito con una temperatura promedio de 14,5°C aproximadamente. La elaboración de los adobes empieza 15 días después tomando en cuenta que se elaboraron en el mes de marzo en temporada de invierno. Las adoberas utilizadas tienen las siguientes dimensiones: largo 40 cm, ancho 15 cm, altura 10 cm, las cuales se dejan la noche anterior en remojo con abundante agua para que absorba la suficiente cantidad de humedad y de esa manera evitar que los adobes se peguen al molde.

El proceso inicia al tamizar la tierra para eliminar la grava y las partículas vegetales que puedan interferir en la fabricación del adobe y su resistencia.

Mientras se tamiza la tierra, se preparan los materiales que van a ser mezclados con la misma para la fabricación de los adobes, estos son: agua, paja de páramo, cabuya y fibratex con una dimensión de 10 a 15 cm de largo.

Para la realización de 10 adobes, se utilizó entre 15 a 17 palas de tierra tamizada, agregando un aproximado de 16 litros de agua para tener una composición homogénea; se apisona con los pies hasta obtener una mezcla suave llamada chocoto. Al chocoto se le añade cada una de las fibras seleccionadas.

Las dosificaciones usadas son del 20%, 30% y 50% de fibras medidas al volumen total. Se continúa con el amasado hasta obtener una distribución homogénea de las fibras.

Se elaboran 10 adobes por cada porcentaje de cada fibra, con un total de 90 adobes. Cada día se elaboran 10 adobes: el día 1 al día 3 con paja de páramo; el día 4 al 6, con fibra de cabuya; el día 7 al 9, con fibratex.

Una vez terminados los adobes, se procede al etiquetado para hacer el seguimiento correspondiente y poder diferenciar cada una de las dosificaciones y las fibras utilizadas.

3.4 Secado de adobes

Cada 7 días se los colocan los adobes de canto para permitir que se seque la parte inferior. Cuando los adobes empiezan a secarse, se observa que los del 20% de cabuya sufrían pequeñas fisuras en todo el bloque. Después de cuatro semanas se traslada los adobes al laboratorio de resistencia de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Central del Ecuador para ser ensayados. El tiempo total de secado de todos los adobes es de 40 días, por la disponibilidad de tiempo para la utilización del laboratorio de ensayos; no se realizó el control de peso para verificar el secado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Densidad de adobes

Los adobes transportados a la Facultad de Ingeniería Civil requieren de un trabajo previo antes de realizar el ensayo de compresión. Por lo que se procede a alisarlos, cepillarlos en una superficie plana. Luego se pesa y mide cada uno, con el objetivo de calcular su densidad aparente, que corresponde a la relación entre la masa seca y el volumen, cuyos resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Densidad de los adobes con diferentes fibras y dosificación

Identificación de la muestra	Densidad media (kg/m ³)		
	Cantidad de fibra agregada en volumen		
	20%	30%	50%
Adobe con paja de páramo	1580	1554	1662
Adobe con cabuya	1494	1548	-
Adobe con fibratex	1593	1592	1538

4.2. Resistencia a la compresión

Se realiza los ensayos de compresión y aplastamiento ocupando la máquina universal de 200 toneladas.

En primera instancia se debían ensayar 90 adobes, sin embargo, 23 adobes de 20%, 30%, 50% con fibra de cabuya fueron destruidos en las instalaciones de la Facultad, y los demás con sus fibras correspondientes se resquebrajaron en el proceso de cepillado para el ensayo, por lo cual se ensayaron 55 adobes en total.

Con los datos obtenidos del ensayo de compresión se procedió a sistematizarlos, promediándolos hasta obtener los resultados que se expone en la tabla 8.

Tabla 4. Resistencia media a la compresión de adobes

Identificación de la muestra	Resistencia a la compresión (MPa)		
	Cantidad de fibra agregada en volumen		
	20%	30%	50%
Adobe con paja de páramo	2,84	2,41	3,02
Adobe con cabuya	2,39	1,58	-
Adobe con fibratex	3,31	2,86	3,08

Según la NEC – SE – VIVIENDA (2015), en el caso de sistemas constructivos en tierra, acuerda, en el artículo 8, el mínimo aceptable para la resistencia a la compresión de los adobes será de 1,0 MPa, por lo tanto, todas las muestras ensayadas cumplen con la norma.

Los valores de 20% y 50% de fibra artificial son los más altos con relación a las demás fibras. Por esta razón cualquier dosificación podría ser útil para la realización y utilización de adobes.

Los resultados de adobes con paja de 50% ocupan el tercer lugar, en este caso se debe tomar en cuenta que si se aumenta la fibra mayor será la resistencia a la compresión ya que los adobes realizados con 20% y 30% de fibra determinan que el valor de la resistencia es menor que los adobes de 50%.

Los adobes con cabuya de acuerdo a los resultados obtenidos tanto con 20% y 30% superan el 1 MPa de acuerdo a lo expuesto en la norma, por esta razón los bloques de cabuya con esta fibra son óptimos para construir.

Se debe tomar en cuenta que a utilización de las fibras nombradas anteriormente con 20%, 30% y 50% utilizadas en adobes son útiles para la construcción de viviendas con tierra ya que todos los resultados superan el 1 MPa de acuerdo a la normativa.

5. CONCLUSIONES

Al tomar los resultados de compresión de los adobes, se pudo observar que algunos resultados varían en relación a la mayoría, dependiendo de la cantidad de fibra utilizada y además se pudo concluir que el tiempo de secado, su transporte y cepillado influyeron para que pierdan sus propiedades físicas y mecánicas, por lo que presentaron fisuras que distorsionaron los resultados.

En los resultados de aplastamiento el 90% de adobes con fibra artificial ensayados en la máquina universal soportaron 90 toneladas a diferencia de los adobes con fibra de paja y cabuya que su límite de aplastamiento fue entre 40 y 50 toneladas.

Los adobes realizados con fibra de paja y cabuya al ser sometidos a compresión perdían su forma inicial y al ser sacados de la máquina se descomponen con facilidad, mientras que los adobes con fibra artificial jamás perdieron su forma inicial, lo único que cambió fue su espesor, pero no se descompusieron como los adobes de las otras fibras. Esto quiere decir que la fibra artificial ayuda a mejorar la adherencia de los bloques.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ASTM D-422-63 (2007) e2. Standard test method for particle-size analysis of soils. USA: ASTM International

ASTM C1116-89 (2002). Standard specification for fiber-reinforced concrete and shotcrete. USA: ASTM International

Díaz, G. (1987). La tierra, material resistente al agua. Monografía No.385/386. Instituto Eduardo Torroja. Equipo VMBC, Madrid. España: 1987. p.25-30.

NEC – SE – VIVIENDA (2015). Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m. 4 partes. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda

Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>

Perico-Granados, N. R. (2012). Rastreo inicial de obras alternativas en Ingeniería civil: Caso Universidad Santo Tomás. Tunja. Disponible en: http://www.ustatunja.edu.co/site/images/01-USTATunja/05-USTA-Tunja-ProgramasAcademicos/Pregrado/IngenieriaCivil/2017/Documentos/Rastreo_inicial_de_obras_alternativas_en_Ingenieria_Civil_com.pdf

Pupiales, A. (2017). Evaluación de sostenibilidad desde una perspectiva multicriterio del modelo de desarrollo de la comuna de Zuleta - Provincia de Imbabura. Tesis de Maestría. Facultad

Latinoamericana de Ciencias Sociales. Ecuador. Disponible en <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/11875#.WhRfUriZPY>

Velasco, L.; Goyos, L.; Nicolás, F.; Naranjo, C. (2015). Investigación y desarrollo de aislantes térmicos naturales basados en residuos de biomasa para su aplicación en la mejora de la eficiencia energética de las edificaciones en América Latina. Quito - Sangolquí: ESPE

Zambrano, A. (2016). Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya. Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya. Quito, Pichincha, Ecuador

AUTORAS

Salomé Montenegro, arquitecta. Graduada en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Central del Ecuador.

Irina Godoy, Magíster en conservación de patrimonio arquitectónico, arquitecta; docente de la Universidad Central del Ecuador.